Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 127-143 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.81231

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۴۳-۱۲۷، نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای تحت نظام‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی

علیرضا کوچکی[1*]، مهدی نصیری محلاتی[2] و محمدحسن هاتفی فرجیان[3]
۱. استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲. استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، mnassiri@ferdowsi.um.ac.ir
۳. دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، mh-hatefifarajian@mail.um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۷

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز با فلفل دلمه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد این دو گونه، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل آرایش‌های جایگزینی ۲۵ درصد لوبیاسبز+۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای و ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای، آرایش‌های افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای و ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای و کشت خالص هر دو گونه بود. نتایج نشان داد که بالاترین عملکرد نیام سبز و وزن خشک بوته لوبیاسبز برای کشت خالص به‌ترتیب معادل ۵۷۹۲۱/۷ و ۱۰۵۱/۰۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقادیر در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰درصد فلفل دلمه‌ای به‌ترتیب معادل ۱۱۲۵۲/۵ و ۵۲۵/۸ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، بالاترین عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای در کشت خالص و بالاترین وزن خشک بوته فلفل دلمه‌ای برای آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۷۵درصد فلفل دلمه‌ای+۲۵ درصد لوبیاسبز به‌ترتیب معادل ۳۲۷۶۶/۷ و ۷۸۱۶/۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای در آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۵۰ درصد لوبیاسبز و افزایشی ۱۰۰درصد فلفل دلمه‌ای+۲۰ درصد لوبیاسبز به‌ترتیب با ۲۱۱۸۳/۳ و ۲۱۸۸۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین وزن خشک بوته فلفل دلمه‌ای برای آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۵۰ درصد لوبیاسبز با ۳۵۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید. در نهایت بیشترین مقدار نسبت برابری زمین کلی (به‌ترتیب ۱/۲۸ و ۱/۲۵) از آرایش‌های کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای و جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای به‌دست آمد. بدین منظور می‌توان از گیاهان خانواده بقولات در جهت افزایش حاصلخیزی خاک و عملکرد محصولات کشاورزی به‌خصوص سبزیجات و صیفی‌جات بهره برد.

واژه‌های کلیدی: تثبیت زیستی نیتروژن، عملکرد میوه، عملکرد نیام سبز، نسبت برابری زمین، وزن خشک بوته

مقدمه

بوم‌نظام‌های کشاورزی، محیط‌های دستکاری‌شده‌ای هستند که توسط کشاورزان مدیریت شده و همیشه در مراحل اولیه توالی اکولوژیکی قرار می‌گیرند. در این بوم‌نظام‌ها، شمار زیادی از گونه‌های گیاهی که از خاستگاه خود به دیگر مناطق جهان منتقل شده‌اند، کشت می‌شوند (Long *et al*., 2000). با توجه به نقش اکولوژیکی تنوع در بوم‌نظام‌های زراعی اهمیت آن حتماً فراتر از تولید مواد غذایی بوده و اثرات مثبتی مانند گردش مواد غذایی، کنترل علف‌های‌هرز، آفات و بیماری‌های گیاهی را در بر دارد (Altieri, 1999). ازبین‌رفتن تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی تهدیدی برای بقای این بوم‌نظام‌ها و در نهایت امنیت غذایی جهان محسوب می‌شود (Koocheki *et al*., 2004).

یکی از راه‌های افزایش تنوع در بوم‌نظام‌های زراعی، استفاده از چندکشتی است (Mclaughlin & Minrau, 1995). استفاده از کشت مخلوط به عنوان یکی از اجزای مؤثر در کشاورزی پایدار، ضمن افزایش تنوع بوم‌شناختی و اقتصادی، سبب افزایش عملکرد در واحد سطح، ثبات عملکرد در شرایط نامطلوب محیطی، افزایش کمیت و کیفیت محصول، افزایش راندمان مصرف آب، کنترل فرسایش خاک، کاهش مصرف سموم، آفت‌کش‌های شیمیایی و ثبات در بوم‌نظام‌های زراعی خواهد شد (Mahdavi Damghani *et al*., 2006). در کشت

* نویسنده مسئول: akooch@ferdowsi.um.ac.ir

مخلوط اگر کمبود منابع وجود نداشته باشد، رقابت فقط بر سر کسب نور است و نور عامل محدودکننده عملکرد محسوب می شود (Ottman & Welch, 1989). تفاوت در فرم و ساختمان گیاهان همراه در کشت مخلوط، امکان نفوذ نور بیشتر به داخل پوشش گیاهی و بهره‌برداری بهتر از آن را فراهم آورده و باعث افزایش تولید کشت مخلوط می‌گردد (Tsubo *et al*., 2004). در کشت مخلوط هنگامی حداکثر عملکرد به دست می‌آید که گیاهان تشکیل‌دهنده مخلوط از نظر نحوه و میزان استفاده از منابع طبیعی با یکدیگر کاملاً متفاوت باشند (Mazaheri, 1994). انتخاب گیاه زراعی همراه با نیازهای مشابه دارای اهمیت می‌باشد. به عبارت دیگر گیاهان زراعی همراه باید بر مبنای نیاز آبی و تغذیه‌ای گیاه اصلی انتخاب شوند (Farhoodi *et al*., 2003). گیاهان خانواده بقولات از جمله گیاهانی محسوب می‌شوند که به دلیل قدرت تثبیت نیتروژن از جایگاه ویژه‌ای در کشت مخلوط برخوردارند.

لوبیاسبز با نام علمی (*Phaseolus vulgaris* L.) از خانواده بقولات (Fabaceae) می‌باشد. با توجه به توانایی تثبیت نیتروژن در گیاه لوبیاسبز، قراردادن آن در زراعت مخلوط به پایداری نظام‌های زراعی کمک می‌کند زیرا از عوامل عمده‌ای که در زراعت‌های مخلوط بیشتر تحت تأثیر قرار می گیرد، عنصر پرمصرف نیتروژن است (Bagheri *et al*., 2001). فلفل دلمه‌ای با نام علمی (*Capsicum annum* L.) از تیره سیب‌زمینی‌سانان (Solanaceae)، گیاهی است علفی و یک-ساله که از لحاظ اقتصادی دارای ارزش بالایی است (Khajehpoor *et al*., 2011). این گیاه از جمله سبزیجات مهم است که در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری پرورش می‌یابد.

در مطالعه‌ای بر روی کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیاسبز بیشترین تعداد غده در تراکم پنج بوته سیب‌زمینی در واحد سطح مشاهده شد (Raei *et al*., 2011). در پژوهش دیگری، در بین شش آرایش کشت، سودمندی آرایش کشت متناوب ذرت شیرین و لوبیاسبز در خطوط مجزا (یک در میان) نسبت به کشت‌های خالص و مخلوط بهتر بوده و به عنوان مناسب‌ترین آرایش کشت مخلوط توصیه گردید (Najafi & Mohammadi, 2005). Pooramir *et al*, (2010) در بررسی اثر آرایش‌های مختلف کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و نخود در کشت مخلوط سری‌های افزایشی نشان دادند که بیشترین مقادیر عملکرد دانه و زیست‌توده نخود از کشت خالص و کمترین عملکرد دانه و زیست‌توده از نسبت کشت ۱۰۰ درصد کنجد+۱۰درصد نخود به‌دست آمد. این محققان علت کاهش عملکرد را به‌دلیل کاهش نسبت نخود در مخلوط گزارش کردند. Mansoori *et al*, (2013) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا دریافتند که عملکرد دانه و زیست‌توده لوبیا در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت، ولی در کلیه تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بزرگتر از یک بود و بر کشت خالص برتری داشتند. Jahani *et al*, (2008) گزارش کردند که در کشت مخلوط عدس و زیره سبز وزن خشک اندام‌های رویشی، عملکرد زیست‌توده، وزن۱۰۰۰دانه و تعداد دانه در هر چتر زیره‌سبز و عملکرد دانه آن به طور معنی‌داری افزایش می یابد. نتایج پژوهشی نشان داد که بین آرایش‌های کشت از نظر همه صفات مورد بررسی در لوبیاسبز و سورگوم تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همچنین از نظر نسبت برابری زمین، کشت دو ردیف سورگوم و یک ردیف لوبیا از بقیه تیمارها برتر بود (Aghaei *et al*., 2016). نتایج یک آزمایش نشان داد که برتری عملکرد گیاهان در کشت مخلوط نتیجه تثبیت و انتقال نیتروژن لگوم‌ها در زراعت مخلوط است (Chalk, 1996).

نظام کشت مخلوط لگوم با غیرلگوم به علت استفاده مفید از منابع، عملکرد بیشتری را تولید می‌کند. کشت مخلوط لوبیا چشم‌بلبلی با ارزن در نواحی نیمه‌خشک، عملکرد ارزن را ۱۳ تا ۱۵ درصد افزایش داد (Hulet & Gosseye, 2000). Saime *et al*, (1998) گزارش کردند که عملکرد دو گیاه ذرت و لوبیا در کشت مخلوط آن‌ها بیشتر از تک‌کشتی این دو گیاه است. در آزمایش کشت مخلوط رازیانه با نخود عنوان شد که عملکرد دانه نخود در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ۴۸ درصد کاهش نشان داد، اما بیشترین مقدار نسبت برابری زمین از تیمار ۱:۱ حاصل شد (Awasthi *et al*., 2011). Carvalho *et al*, (2010) نیز اظهار داشتند کاهش عملکرد رازیانه در کشت مخلوط رازیانه با لوبیا و لوبیا چشم‌بلبلی بسیار پایین بود و کشت مخلوط سبب بهبود عملکرد نسبی رازیانه شد. در این مطالعه نسبت برابری زمین تحت شرایط کشت مخلوط افزایش نشان داد.

با درنظرگرفتن این موضوع که الگوی رشد اندام هوایی در این دو گیاه متفاوت است و نیز این‌که گیاهان خانواده بقولات، تثبیت‌کننده نیتروژن بوده و باعث بهبود محتوی نیتروژن خاک می‌شوند و از طرفی فلفل دلمه‌ای به جهت افزایش عملکرد میوه، نیاز به نیتروژن دارد، این پژوهش با هدف مطالعه اثر کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز با فلفل دلمه‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و نسبت برابری زمین در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در

۱۰کیلومتری شرق مشهد، با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۹۹/۲ متر از سطح دریا اجرا شد. در این مطالعه صفت‌های رشدی و عملکرد لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای در کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل آرایش‌های جایگزینی ۲۵ درصد لوبیاسبز+۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای و ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰درصد فلفل دلمه‌ای، آرایش‌های افزایشی شامل ۲۰درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای و ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای و کشت خالص هر دو گیاه بود. ابتدا کرت‌هایی به ابعاد ۳/۵ در ۳ متر ایجاد و در داخل هر کرت شِش ردیف برای کاشت در نظر گرفته شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر یک و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر نیز یک متر بود. کاشت لوبیاسبز رقم سان‌ری به وسیله بذر و فلفل دلمه‌ای رقم کالیفرنیاواندر به وسیله نشای چهاربرگی به صورت همزمان در ۱۵خردادماه۱۳۹۵ در ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. بذرهای فلفل دلمه‌ای در اوایل بهار در گلخانه‌ای خصوصی در شهرستان فریمان، درون سینی نشا کاشته شد و نشای فلفل دلمه‌ای از این طریق تهیه گردید. بلافاصله پس از کاشت، آبیاری به منظور تسهیل در جوانه‌زنی بذر لوبیاسبز و همچنین استقرار نشای فلفل دلمه‌ای انجام گرفت و پس از آن آبیاری زمین هر پنج روز یک‌بار به روش نشتی انجام شد. در مرحله چهاربرگی، لوبیاسبز با تراکم مطلوب ۲۰ بوته در متر مربع (Raei *et al*., 2011) تنک شد. همچنین فاصله روی ردیف برای نشاء فلفل دلمه‌ای ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد که در این صورت تراکم مطلوب آن، ۶/۶۶ بوته در متر مربع بود (Fateh & Barzegar, 2019).

در پایان فصل رشد، صفات و ویژگی‌هایی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و تعداد دانه در بوته برای لوبیاسبز و همچنین ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته، طول و عرض میوه، قطر میوه، ضخامت گوشت میوه برای فلفل دلمه‌ای محاسبه شد. جهت تعیین عملکرد، نیام سبز لوبیاسبز از اواخر تیرماه تا اواخر شهریورماه و میوه فلفل دلمه‌ای از اوایل مردادماه تا اواخر مهرماه، هر بار از سطحی معادل یک متر مربع جمع آوری شد. همچنین وزن خشک بوته لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای در انتهای فصل، از سطحی معادل یک متر مربع جمع‌آوری شد. برای ارزیابی کشت مخلوط فلفل دلمه‌ای با لوبیاسبز در مقایسه با کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین براساس عملکرد اقتصادی (معادله ۱) استفاده شد (Vandermeer, 1989):

معادله ۱: $$LER=(\frac{Y1}{B1})+(\frac{Y2}{B2})$$

در این معادله Y_1 و Y_2 به‌ترتیب عملکرد گونه‌های لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای در کشت مخلوط و B_1 و B_2 نیز عملکرد گونه‌های لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای در کشت خالص است.

به منظور تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار Minitab-17 و جهت مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. برای رسم شکل‌ها، نرم‌افزار Excel مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته، عملکرد نیام سبز و وزن خشک بوته ($p\leq۰/۰۱$) و تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و تعداد دانه در بوته لوبیاسبز ($p\leq۰/۰۵$) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی با فلفل دلمه‌ای قرار گرفتند (جدول ۱).

همچنین ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته، طول میوه، عرض میوه، قطر میوه، ضخامت گوشت میوه، وزن خشک بوته و عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای ($p\leq۰/۰۵$) به طور معنی‌داری تحت تأثیر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی با لوبیاسبز قرار گرفتند (جدول ۲).

ارتفاع بوته لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای

بررسی اثر آرایش‌های کشت خالص و مخلوط جایگزینی و افزایشی بر ارتفاع بوته لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای نشان‌داد که بیشترین ارتفاع بوته لوبیاسبز با ۵۱/۶ سانتی‌متر در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای با ۳۹/۳ سانتی‌متر مشاهده گردید (جدول ۳).

به نظر می‌رسد که در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای به علت تقسیم‌شدن مساوی کرت بین دو گیاه و همچنین استفاده از منابع محیطی به طور مساوی در دو گیاه، رقابت بین‌گونه‌ای کاهش یافته و لوبیاسبز توانسته ارتفاع خود را به طور مطلوبی افزایش دهد. در پژوهشی، بررسی عملکرد کمی و کیفی کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) با سویا (*Glycine max*) و لوبیاسبز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس در لگوم نشان داد که تأثیر آرایش کشت بر روی تمام صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (Aghaei *et al*., 2016).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاسبز

Table 1. Analysis of variance (mean square) of yield and yield components of green bean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Height	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of branch per plant	تعداد نیام در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در نیام Number of seed per pod	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	عملکرد نیام سبز در هکتار Green pod yield per hectare	وزن خشک بوته در هکتار Plant dry weight per hectare
تکرار Replication	2	52.05*	2.91ns	48.71ns	0.29**	1739.3ns	44945818ns	17894ns
تیمار Treatment	4	65.67**	3.8*	242.76*	0.16*	4840.6*	910021816**	145945**
خطا Error	8	6.12	0.77	41.17	0.03	805.8	30409084	11811
ضریب تغییرات (٪) CV (٪)		0.05	0.1	0.19	0.03	0.17	0.17	0.13

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

ns, ** and *: Non-significant, significant at 1% and 5% probability level, respectively

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد فلفل دلمه‌ای

Table 2. Analysis of variance (mean square) of yield and yield components of bell pepper

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Height	تعداد میوه در بوته Number of fruit per plant	طول میوه Fruit length	عرض میوه Fruit width	قطر میوه Fruit diameter	ضخامت گوشت میوه Fruit flesh thickness	وزن خشک بوته در هکتار Plant dry weight per hectare	عملکرد میوه در هکتار Fruit yield per hectare
تکرار Replication	2	2.88ns	0.15ns	0.28*	0.15ns	0.41**	0.004*	2188167ns	369319ns
تیمار Treatment	4	17.13*	14.87*	0.29*	0.43*	0.24*	0.003*	10089333*	65506999*
خطا Error	8	3.74	3.77	0.05	0.07	0.04	0.0005	1776083	14686429
ضریب تغییرات (٪) CV (٪)		0.04	0.18	0.03	0.03	0.02	0.03	0.21	0.15

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

ns, ** and *: Non-significant, significant at 1% and 5% probability level, respectively

جدول ۳- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بر اجزای عملکرد لوبیاسبز

Table 3. Effect of replacement and additive intercropping treatments on yield components of green bean

الگوهای کشت مخلوط Intercropping ratios	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	شاخه فرعی (تعداد در بوته) Sub branch ($No.plant^{-1}$)	نیام (تعداد در بوته) Pod ($No.plant^{-1}$)	دانه (تعداد در نیام) Seed ($No.pod^{-1}$)	دانه (تعداد در بوته) Seed ($No.plant^{-1}$)
۲۵٪ لوبیاسبز+۷۵٪ فلفل دلمه‌ای 25% Gb+75% Bp	46.5ab*	8.1ab	49.0a	5.08a	231.3a
۵۰٪ لوبیاسبز+۵۰٪ فلفل دلمه‌ای 50% Gb+50% Bp	51.6a	8.8a	33.9ab	4.5b	163.8ab
۲۰٪ لوبیاسبز+۱۰۰٪ فلفل دلمه‌ای 20% Gb+100% Bp	39.3c	6.1b	27.0b	4.9ab	122.5b
۴۰٪ لوبیاسبز+۱۰۰٪ فلفل دلمه‌ای 40% Gb+100% Bp	42.3bc	8.0ab	30.3b	4.8ab	148.9b
۱۰۰٪ لوبیاسبز 100% Gb	43.3bc	9.0a	27.9b	5.0ab	163.9ab

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Gb: لوبیاسبز؛ Bp: فلفل دلمه‌ای

*Means with the same letter(s) in each column have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.
Gb: Green bean; Bp: Bell pepper

به طور کلی، از نظر ارتفاع، آرایش‌های جایگزینی برتر از آرایش‌های افزایشی بود و این شاید به این علت بوده است که در آرایش‌های افزایشی با توجه به این‌که لوبیاسبز شکل رشدی رونده دارد و ارتفاع فلفل دلمه‌ای هم زیاد است و همچنین حداکثر تراکم کشت در فلفل دلمه‌ای در آرایش‌های کاشت افزایشی وجود دارد، فلفل دلمه‌ای با سایه‌اندازی، مانع رشد لوبیاسبز شده است.

همچنین، بیشترین ارتفاع بوته فلفل دلمه‌ای با ۵۱/۰سانتی‌متر در آرایش کشت خالص و کمترین آن ۴۵/۳سانتی‌متر در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۲۰ درصد لوبیاسبز مشاهده گردید (جدول ۴).

جدول ۴- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بر اجزای عملکرد فلفل دلمه‌ای

Table 4. Effect of replacement and additive intercropping treatments on yield components of bell pepper

الگوهای کشت مخلوط Intercropping ratios	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	میوه (تعداد در بوته) Fruit ($No.plant^{-1}$)	طول میوه (سانتی‌متر) Fruit length (cm)	عرض میوه (سانتی‌متر) Fruit width (cm)	قطر میوه (سانتی‌متر) Fruit diameter (cm)	ضخامت گوشت میوه (سانتی‌متر) Fruit flesh thickness (cm)
۷۵٪ فلفل دلمه‌ای+۲۵٪ لوبیاسبز 75% Bp+25% Gb	47.0ab*	11.1ab	7.8a	7.8a	7.03a	0.65ab
۵۰٪ فلفل دلمه‌ای+۵۰٪ لوبیاسبز 50% Bp+50% Gb	50.5ab	7.5b	7.5ab	6.8b	6.3b	0.58b
۱۰۰٪ فلفل دلمه‌ای+۲۰٪ لوبیاسبز 100% Bp+20% Gb	45.3b	10.0ab	7.10b	7.06ab	6.5ab	0.67a
۱۰۰٪ فلفل دلمه‌ای+۴۰٪ لوبیاسبز 100% Bp+40% Gb	47.8ab	10.1ab	7.2ab	7.1ab	6.9ab	0.63ab
۱۰۰٪ فلفل دلمه‌ای 100% Bp	51.0a	13.6a	7.18b	7.3ab	6.6ab	0.60ab

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Gb: لوبیاسبز؛ Bp: فلفل دلمه‌ای

*Means with the same letter(s) in each column have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.

Gb: Green bean; Bp: Bell pepper

نتایج آزمایشی بر روی کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی ذرت (*Zea mays* L.) و سیب‌زمینی (*Solanuum tuberosum* L.) نشان داد که سیستم‌های مختلف کاشت بر ارتفاع بوته سیب‌زمینی تأثیر معنی‌داری داشت. بالاترین ارتفاع بوته (۴۵/۰۳ سانتی‌متر) از تیمار کشت خالص سیب‌زمینی به دست آمد (Mobasser *et al*., 2018). در تراکم‌های بالا، احتمالاً با افزایش رقابت درون‌گونه‌ای طول میانگره‌ها زیاد می شود و در نتیجه ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد. این‌طور به نظر می‌رسد که معنی‌دارنشدن اثر آرایش‌های کشت مخلوط در مورد ارتفاع فلفل دلمه‌ای، عدم دریافت نور کافی و در نتیجه کاهش رقابت در جذب نور بوده است. از این‌رو رقابت نوری در بین دو گونه تقلیل یافته و ارتفاع، تحت تأثیر آرایش‌های کشت قرار نگرفته است (Kiani *et al*., 2014). طی آزمایشی بر روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا عدم اختلاف معنی‌دار ارتفاع لوبیا در کشت‌های مخلوط، نسبت به خالص گزارش شده است (Rezvan Beidokhti, 2004). Tuna & Orak (2007) در کشت مخلوط ماشک (*Vicia sativa* L.) با یولاف (*Avena sativa* L.) گزارش کردند که کاهش یا افزایش ارتفاع بوته گیاهان به شدت رقابت بین دو گیاه بستگی دارد. کاهش ارتفاع بوته فلفل دلمه‌ای با افزایش تراکم آن در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در این آزمایش، اغلب ناشی از تشدید رقابت برون‌گونه‌ای در استفاده از منابع موجود بوده است. در کشت مخلوط، استفاده بهینه از منابع محیطی مانند آب، نور و مواد غذایی به اختلاف ارتفاع، نحوه قرارگرفتن اندام‌های هوایی و زیرزمینی و نیاز غذایی متفاوت گیاهان نسبت داده می‌شود (Hashemi Dezfoli *et al*., 1998).

تعداد شاخه فرعی در بوته لوبیاسبز

بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته لوبیاسبز به‌ترتیب با ۹/۰ و ۸/۸ شاخه فرعی در آرایش کشت خالص و آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای با ۶/۱ شاخه فرعی مشاهده گردید (جدول ۳). در اینجا نیز همانند ارتفاع، به نظر می‌رسد که در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰درصد فلفل دلمه‌ای به‌دلیل تقسیم‌شدن مساوی کرت بین دو گیاه و همچنین استفاده به یک میزان از منابع

محیطی در دو گیاه، رقابت بین‌گونه‌ای کاهش یافته و لوبیاسبز توانسته شاخه فرعی خود را به طور مطلوبی افزایش دهد. در آرایش کشت خالص نیز به‌دلیل این‌که رقابت بین‌گونه‌ای وجود نداشته است، فضای لازم جهت افزایش تعداد شاخه فرعی برای بوته‌های لوبیاسبز فراهم شده و این صفت در این آرایش کشت افزایش داشته است. برخی پژوهشگران اظهار داشته‌اند که تعداد شاخه‌های جانبی لوبیا در کشت مخلوط ذرت و لوبیا نسبت به کشت خالص کاهش معنی‌داری نشان داد (Wahua *et al*., 1981). طبق پژوهشی که بر روی ترکیبات مختلف کاشت در کشت مخلوط ماش (*Vigna radiate* L. Wilczek) و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) انجام شده است، تعداد شاخه جانبی در بوته ماش از نظر تیمارهای آرایش کاشت اختلاف معنی‌داری را نشان داد، به‌طوری‌که تیمارهای ۵۰ درصد سیاهدانه+۵۰ درصد ماش (ردیف های متناوب) و ۷۵ درصد سیاهدانه+۲۵ درصد ماش (دو ردیف سیاهدانه+یک ردیف ماش) به‌ترتیب بیشترین (۷/۵ عدد) و کمترین (۶/۰۷ عدد) تعداد شاخه جانبی در بوته ماش را دارا بودند (Rezvani Moghaddam *et al*., 2009).

تعداد نیام در بوته لوبیاسبز و میوه در بوته فلفل دلمه‌ای

بیشترین تعداد نیام در بوته لوبیاسبز با ۴۹/۰ نیام در بوته در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد لوبیاسبز+۷۵درصد فلفل دلمه‌ای و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای با ۲۷/۰ نیام در بوته مشاهده گردید (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰درصد فلفل دلمه‌ای به‌دلیل داشتن تعداد شاخه کمتر درمقایسه با سایر تیمارها، از تعداد نیام کمتری نیز برخوردار بوده است. در آزمایشی مشاهده شد که اثر آرایش کشت بر تعداد غلاف در بقولات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (Aghaei *et al*., 2016). Mardani *et al*, (2015) در آزمایشی نشان دادند که بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت. با افزایش تراکم لوبیاسبز در آرایش‌های کشت مخلوط، تعداد نیام در بوته کاهش یافت. Elmore & Jackops (1984) و Wahua & Miller (1978) در کشت مخلوط سورگوم و سویا گزارش کردند که با افزایش تراکم، تعداد غلاف در بوته سویا کاهش یافت. نتایج مطالعه‌ای بر روی کشت مخلوط افزایشی گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) و ماش، نشان داد که تعداد نیام در بوته در کشت ماش با تراکم‌های ۳۷/۵ و ۵۰درصد به‌طور معنی‌داری بیشتر از تعداد نیام در نسبت‌های کاشت ۱۲/۵ و ۲۵ درصد بود (Fathollahzadeh Dizaji & Mirshekari, 2013).

همچنین بیشترین تعداد میوه در بوته فلفل دلمه‌ای با ۱۳/۶ میوه در بوته در آرایش کشت خالص و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد فلفل دلمه ای+۵۰درصد لوبیاسبز با ۷/۵ میوه در بوته مشاهده گردید (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که در آرایش کشت خالص با توجه به این‌که رقابت بین‌گونه‌ای وجود ندارد و به‌دلیل ارتفاع بیشتر در این آرایش کشت، ضمن این‌که نور بیشتری جذب کرده، توانسته است تعداد میوه خود را افزایش دهد. در آرایش‌های کشت مخلوط نیز آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد فلفل دلمه ای+۲۵ درصد لوبیاسبز به‌دلیل غالب‌بودن فلفل دلمه‌ای و کاهش رقابت بین‌گونه‌ای توانسته است تعداد میوه خود را در مقایسه با سایر آرایش‌های کشت مخلوط، افزایش دهد. در کشت مخلوط گوجه‌فرنگی (*Licopersicon esculentum* Mill) با لوبیاسبز مشاهده شد که اثر نوع کشت بر تعداد میوه در بوته گوجه‌فرنگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و تعداد میوه در بوته در کشت خالص به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت مخلوط بود (Henareh *et al*., 2011). Raei *et al*, (2011) در بررسی اثرات تراکم لوبیاسبز و سیب‌زمینی بر عملکرد غده سیب‌زمینی در کشت خالص و کشت‌های مخلوط دریافتند که اثرات تراکم‌های سیب‌زمینی و لوبیاسبز بر تعداد غده در سیب‌زمینی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود.

تعداد دانه در نیام و بوته لوبیاسبز

بیشترین تعداد دانه در نیام لوبیاسبز با ۵/۰۸ دانه در هر نیام در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد لوبیاسبز+۷۵درصد فلفل دلمه‌ای و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای با ۴/۵ دانه در نیام مشاهده گردید (جدول ۳). این‌گونه به‌نظر می‌رسد که با توجه به این‌که تعداد نیام در بوته در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد لوبیاسبز+۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای از سایر آرایش‌های کشت بیشتر بوده است و همچنین رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های لوبیاسبز نیز کمتر بوده، لوبیاسبز در این آرایش کشت توانسته تعداد دانه در نیام خود را افزایش دهد. Aghaei *et al*, (2016) در مطالعه‌ای نشان دادند که تأثیر آرایش کشت بر روی تعداد دانه در نیام معنی‌دار شد. Alizadeh *et al*, (2010) در مطالعه کشت مخلوط لوبیا و ریحان رویشی (*Ocimum basilicum L.*) بیان داشتند که کشت ردیفی از نظر تعداد دانه در غلاف از سایر تیمارها بالاتر

بود و این از آن جهت قابل توجیه است که کشت ردیفی به خاطر عدم حضور گیاهان همنوع در ردیف‌های مجاور، کمترین رقابت درون‌گونه ای را متحمل شده است.

همچنین بیشترین تعداد دانه در بوته لوبیاسبز با ۲۳۱/۳دانه در بوته در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۲۵درصد لوبیاسبز+۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای با ۱۲۲/۵ دانه در هر بوته مشاهده گردید (جدول۳). همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با توجه به این‌که تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد لوبیاسبز+۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای از سایر آرایش‌های کشت بیشتر بوده است، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که تعداد دانه در بوته نیز افزایش می‌یابد. Zaefarian & Bagheri Shirvan (2014) بیان داشتند که بیشترین تعداد دانه در بوته مربوط به تیمار ۵۰:۵۰ سویا: ریحان بود که به لحاظ آماری اختلافی با نسبت ۷۵:۲۵ سویا: ریحان نداشت. در پژوهش دیگری نیز بیان شده است که با افزایش تراکم و سایه اندازی بوته‌ها بر یکدیگر از تعداد شاخه در بوته کاسته می‌شود و عملکرد دانه در بوته کاهش می‌یابد (Kashiri *et al.*, 2007).

طول، عرض، قطر و ضخامت گوشت میوه فلفل دلمه‌ای

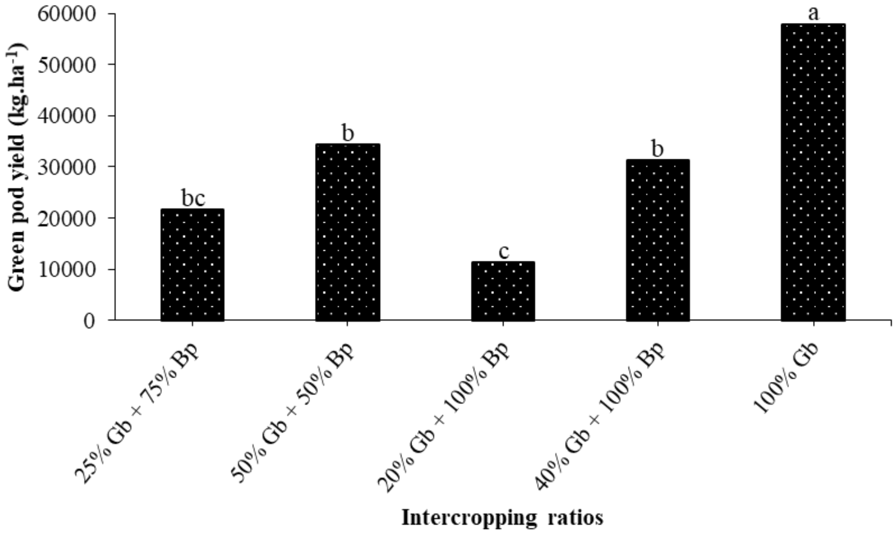
بیشترین میزان طول، عرض، قطر و ضخامت گوشت میوه فلفل دلمه‌ای به‌ترتیب با ۷/۸، ۷/۸، ۷/۰۳ و ۰/۶۷ سانتی‌متر در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد فلفل دلمه ای+۲۵درصد لوبیاسبز و کمترین میزان طول میوه با ۷/۱سانتی‌متر در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۲۰ درصد لوبیاسبز و کمترین میزان عرض، قطر و ضخامت گوشت میوه به‌ترتیب با ۶/۸، ۶/۳ و ۰/۵۸ سانتی‌متر در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد فلفل دلمه ای+۵۰درصد لوبیاسبز مشاهده گردید (جدول ۴). می‌توان چنین نتیجه گرفت که در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۷۵درصد فلفل دلمه‌ای+۲۵ درصد لوبیاسبز درمقایسه با سایر الگوهای کشت مخلوط، به‌دلیل غالب‌بودن گیاه فلفل دلمه‌ای و همچنین کم‌شدن رقابت بین‌گونه‌ای بین لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای و درون‌گونه‌ای بین بوته‌های فلفل دلمه‌ای، گیاه فلفل دلمه‌ای توانسته ضمن استفاده بهینه از منابع موجود، تعداد میوه خود را افزایش داده و در نهایت شاخص‌های اندازه‌گیری شده در میوه نیز افزایش یافتند. در پژوهشی بر روی کشت مخلوط گل‌کلم (*Brassica oleracea* var. botrytis) با برخی سبزیجات، عنوان شد که بیشترین قطر بخش خوراکی گل‌کلم با ۲۴/۶۳ سانتی‌متر در کشت خالص و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط گل‌کلم و تربچه (*Raphanus sativus*) با ۲۲ سانتی‌متر مشاهده گردید (Yildirim & Guvence, 2005).

عملکرد نیام سبز و وزن خشک بوته لوبیاسبز

بیشترین عملکرد نیام سبز لوبیاسبز با ۵۷۹۲۱/۷ کیلوگرم در هکتار در آرایش کشت خالص و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای با ۱۱۲۵۲/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۱).

Khamooshi (2014) در کشت مخلوط لوبیا و رازیانه (*Foeniculum vulgar* Mill) نشان داد که کشت خالص لوبیا بیشترین میزان عملکرد دانه را با ۲۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد که دلیل آن تراکم حداکثری لوبیا در کشت خالص نسبت به تیمارهای کشت مخلوط بود. با افزایش حضور لوبیاسبز در آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی، به‌دلیل افزایش تثبیت زیستی نیتروژن، عملکرد نیام سبز لوبیاسبز افزایش یافته است. ممکن است در کشت مخلوط افزایشی به‌سبب افزایش تراکم بوته در واحد سطح، رقابت درون و برون‌گونه‌ای گیاهان زراعی بر سر منابع محیطی از جمله نور، آب و مواد غذایی افزایش یافته و باعث کاهش عملکرد نیام سبز شده باشد. از طرفی، از آن‌جایی که تعداد بوته‌های لوبیاسبز در واحد سطح در آرایش‌های کشت مخلوط کمتر از کشت خالص لوبیاسبز بود، بنابراین پایین‌بودن عملکرد نیام سبز در آرایش های کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص آن، دور از انتظار نیست. Hamzei & Seyedi (2018) در آزمایشی بر روی کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با لوبیا نشان دادند که در کشت مخلوط، عملکرد دانه لوبیا نسبت به کشت خالص آن کاهش نشان داد. در آزمایشی بر روی کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی ذرت و سویا، بالاترین عملکرد دانه سویا از تیمار کشت خالص با ۳۱۵۷کیلوگرم در هکتار حاصل گردید (Piri *et al.*, 2017). Rezvani Moghaddam *et al*, (2009) در کشت مخلوط ماش و سیاه دانه نشان دادند که تیمار کشت خالص، بیشترین عملکرد اقتصادی ماش را دارا بود.

همچنین بیشترین وزن خشک بوته لوبیاسبز با ۱۰۵۱/۰۳کیلوگرم در هکتار در آرایش کشت خالص و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰درصد فلفل دلمه‌ای با ۵۲۵/۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۲).



شکل ۱- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای بر عملکرد نیام سبز لوبیاسبز

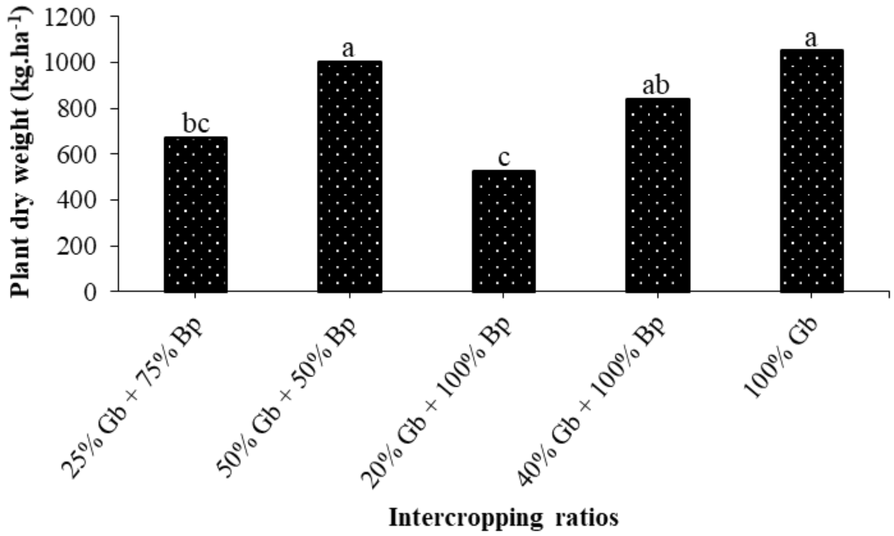
(Gb: لوبیاسبز و Bp: فلفل دلمه‌ای)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 1. Effect of replacement and additive intercropping ratios of green bean and bell pepper on green pod yield of green bean

(Gb: Green bean and Bp: Bell pepper)

Means with the same letter(s) have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.



شکل ۲- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای بر وزن خشک بوته لوبیاسبز

(Gb: لوبیاسبز و Bp: فلفل دلمه‌ای)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 2. Effect of replacement and additive intercropping ratios of green bean and bell pepper on plant dry weight of green bean

(Gb: Green bean and Bp: Bell pepper)

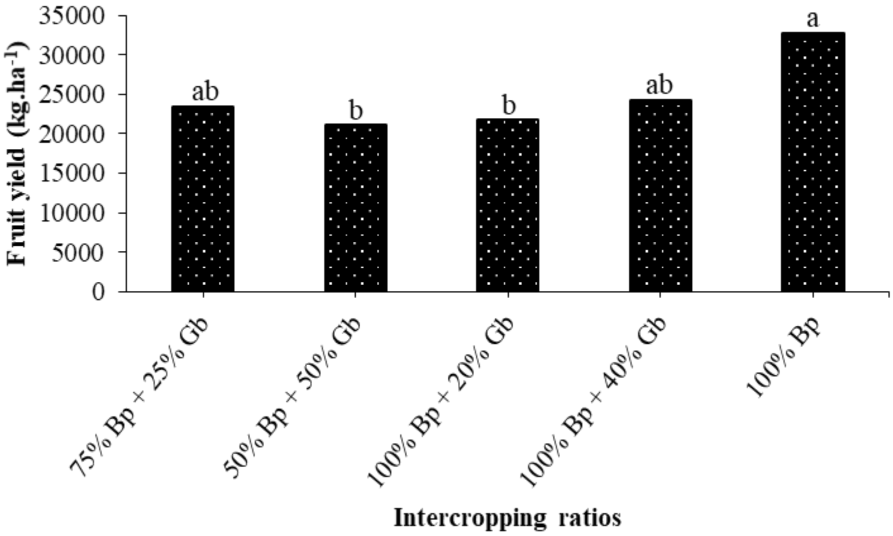
Means with the same letter(s) have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.

Mansouri *et al*, (2013) در کشت مخلوط افزایشی ذرت و لوبیا اظهار داشتند که از لحاظ عملکرد زیست‌توده، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای افزایشی کشت مخلوط وجود داشت که دلیل آن اختلاف تراکم لوبیا در این تیمارها بود. در کشت مخلوط همیشه‌بهار و نخود (*Cicer arietinum* L.)، بیشترین عملکرد زیست‌توده نخود از تیمار کشت خالص با ۲۴۷۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (Valizadegan, 2015). به‌دلیل بیشتربودن تعداد بوته‌های لوبیاسبز در کشت خالص،

طبیعی به‌نظر می‌رسد که عملکرد زیست‌توده در آن بیشتر از کشت مخلوط با فلفل دلمه‌ای باشد.

عملکرد میوه و وزن خشک بوته فلفل دلمه‌ای

بیشترین عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای با ۳۲۷۶۶/۷ کیلوگرم در هکتار در آرایش کشت خالص و کمترین آن در آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۵۰ درصد لوبیاسبز و افزایشی ۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۲۰ درصد لوبیاسبز به‌ترتیب با ۲۱۱۸۳/۳ و ۲۱۸۸۶ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۳).



شکل ۳- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای بر عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای

(Gb: لوبیاسبز و Bp: فلفل دلمه‌ای)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

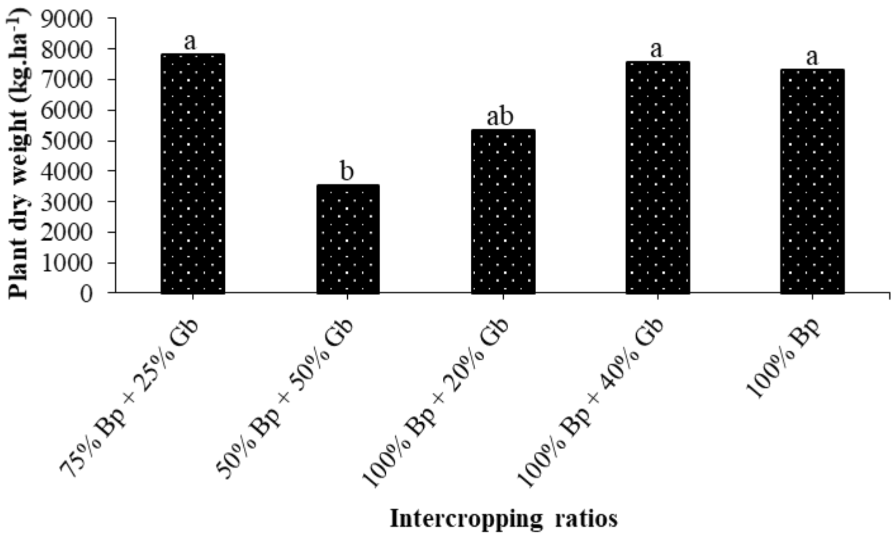
Fig. 3. Effect of replacement and additive intercropping ratios of green bean and bell pepper on fruit yield of bell pepper

(Gb: Green bean and Bp: Bell pepper)

Means with the same letter(s) have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.

نتایج تحقیقی نشان داد که عملکرد در هکتار در گوجه فرنگی در کشت خالص به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت مخلوط با لوبیاسبز بوده است (Henareh *et al*., 2011). Muoneke & Ndukwe (2008) گزارش کردند که کشت مخلوط بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) با تراکم بالای آمارانتوس (*Amaranthus hybridus* L.) سبب کاهش رشد و عملکرد هر دو گیاه در مقایسه با کشت خالص شد. Muoneke & Embah (2007) نیز گزارش کردند که، افزایش تراکم بامیه در کشت مخلوط باعث افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و برون‌گونه‌ای برای کسب فضا و نور شده که در نتیجه باعث کاهش عملکرد در بامیه می‌شود. با توجه به تعداد بوته کمتر فلفل دلمه‌ای در آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و همچنین رقابت بین‌گونه‌ای بالا در آرایش‌های کشت مخلوط افزایشی، کاهش عملکرد در این آرایش‌ها نسبت به کشت خالص توجیه‌پذیر است. در نهایت، با توجه به این‌که بالاترین تعداد میوه در بوته نیز مربوط به کشت خالص فلفل دلمه‌ای بود، لذا کشت خالص به دلیل این‌که فضای بیشتری در اختیار گیاه قرار داده است، عملکرد میوه بالاتری نیز داشته است.

همچنین بیشترین وزن خشک بوته فلفل دلمه‌ای به‌ترتیب با ۷۸۱۶/۶، ۷۵۵۰/۰ و ۷۳۱۶/۶ کیلوگرم در هکتار در آرایش های کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای+۲۵ درصد لوبیاسبز، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۶۰ درصد لوبیاسبز و کشت خالص و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط جانشینی ۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۵۰درصد لوبیاسبز با ۳۵۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۴).



شکل ۴- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای بر وزن خشک بوته فلفل دلمه‌ای

(Gb: لوبیاسبز و Bp: فلفل دلمه‌ای)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 4. Effect of replacement and additive intercropping ratios of green bean and bell pepper on plant dry weight of bell pepper

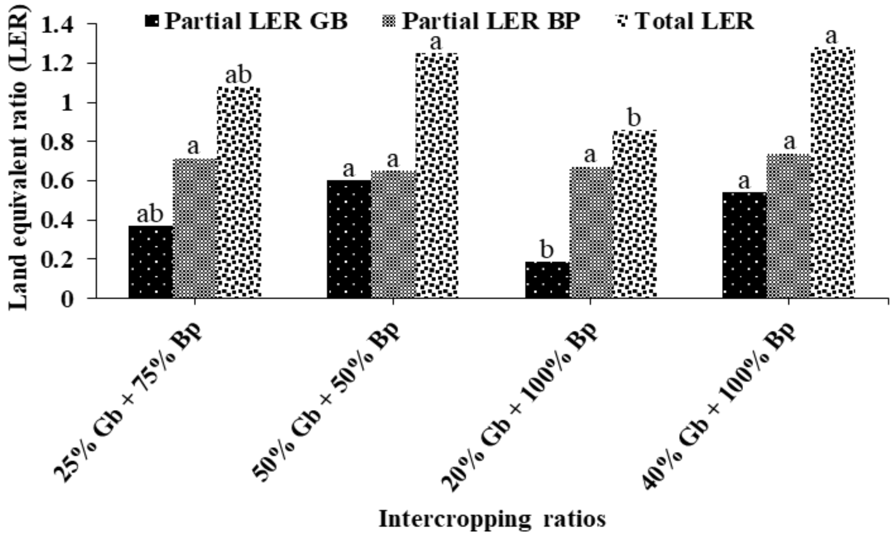
(Gb: Green bean and Bp: Bell pepper)

Means with the same letter(s) have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.

وزن خشک بوته فلفل دلمه‌ای همانند عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای در آرایش کشت خالص جزو بالاترین مقادیر در کنار آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد فلفل دلمه ای+۲۵ درصد لوبیاسبز و کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰درصد فلفل دلمه‌ای+۴۰ درصد لوبیاسبز بود، اگرچه این سه آرایش کشت اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. در کشت مخلوط گوجه‌فرنگی و ریحان، نتایج نشان داد که عملکرد ماده خشک بدون میوه گوجه‌فرنگی تحت تأثیر سطوح رطوبتی، نوع کشت و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت و بیشترین عملکرد ماده خشک بخش هوایی در کشت مخلوط و سطح رطوبتی ۰/۷ ظرفیت زراعی به‌دست آمد که این مقدار نسبت به کشت خالص اختلاف دو برابری را نشان داد (Salehi *et al.*, 2018). در آزمایشی وزن خشک تولیدشده در کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص لوبیا چشم-بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) و ذرت بود. میانگین وزن خشک در کشت های مخلوط ۱/۲ برابر کشت خالص ذرت و ۱/۷ برابر کشت خالص لوبیاچشم بلبلی بود (Eskandari & Javanmard, 2014).

نسبت برابری زمین (LER)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی از نظر نسبت برابری زمین جزئی برای گیاه لوبیاسبز اختلاف معنی‌داری را با هم نشان دادند ($p\leq۰/۰۱$). همچنین آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی از نظر نسبت برابری زمین جزئی برای گیاه فلفل دلمه‌ای اختلاف معنی‌داری را با هم نشان ندادند. بیشترین نسبت برابری زمین جزئی لوبیاسبز مربوط به آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای و آرایش کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰درصد فلفل دلمه‌ای به‌ترتیب معادل ۰/۶ و ۰/۵۴ و کمترین میزان نیز ۰/۱۹ که مربوط به آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای بود، به‌دست آمد (شکل ۵).



شکل ۵- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای بر نسبت برابری زمین

(Gb: لوبیاسبز و Bp: فلفل دلمه‌ای)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 5. Effect of replacement and additive intercropping ratios of green bean and bell pepper on land equivalent ratio (LER)

(Gb: Green bean and Bp: Bell pepper)

Means with the same letter(s) have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.

همچنین بیشترین نسبت برابری زمین جزئی فلفل دلمه ای مربوط به آرایش کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای معادل ۰/۷۴ و کمترین میزان نیز ۰/۶۵ که مربوط به آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای بود، به‌دست آمد (شکل ۵). همان‌طور که مشاهده می‌شود، در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای، گیاه لوبیاسبز از منابع محیطی نهایت استفاده را برده است، در صورتی‌که فلفل دلمه‌ای از منابع محیطی نتوانسته به میزان مطلوبی بهره ببرد. همچنین در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای، گیاه فلفل دلمه ای بیشترین بهره را از منابع محیطی برده است. به‌طور کلی، نسبت برابری زمین جزئی فلفل دلمه‌ای در تمام آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی از نسبت برابری زمین جزئی لوبیاسبز بیشتر بود که می‌توان نتیجه گرفت فلفل دلمه-ای گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با لوبیاسبز اثر مثبت دریافت کرده است که این امر به احتمال زیاد مربوط به بهبود شرایط رشدی می‌باشد. به‌طور کلی این امر به علت تفاوت‌های ریخت‌شناسی موجود بین قسمت‌های مختلف گیاهان می‌باشد که باعث به‌حداقل‌رسیدن رقابت بین آن‌ها برای جذب منابع و درنتیجه بهبود کارآیی مصرف منابع (نور، آب و مواد غذایی) در آن‌ها می‌شود. در کشت مخلوط لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای نیز در کنار تثبیت زیستی نیتروژن توسط لوبیاسبز و در نتیجه افزایش حاصلخیزی خاک، اختلافات ریخت‌شناسی موجود در ریشه و قسمت‌های هوایی دو گیاه، از یک‌سو باعث استفاده بهینه از منابع غذایی موجود در خاک و از سوی دیگر نفوذ بهتر نور به درون کانوپی و استفاده مطلوب‌تر از آن شده است. در پژوهشی، نتایج تجزیه واریانس نسبت برابری زمین نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در آزمایشی مشاهده شد که بیشترین نسبت برابری زمین جزئی سیب‌زمینی (۰/۷۳) از تیمار کشت افزایشی سه ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد. در این پژوهش، بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۵۶) از تیمار کشت افزایشی سه ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی و کمترین نسبت برابری زمین (۰/۹۵) از تیمار کشت افزایشی دو ردیف ذرت+چهار ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد (Mobasser *et al*., 2018). همچنین در بررسی کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum*) و نخود مشخص شد که نسبت برابری زمین جزئی زیره سبز بیشتر از نخود بود (Abbasi Alikamar *et al*., 2006).

نتایج نشان داد که آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی از نظر نسبت برابری زمین کلی اختلاف معنی‌داری را با هم نشان دادند ($p\leq۰/۰۱$). در اکثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی، نسبت برابری زمین کلی بیشتر از یک بود

که این نشـان از برتـری عملکـرد اقتصـادی در کشـت مخلـوط نسبت به کشـت خـالص دارد. تنهـا در آرایـش کشـت مخلـوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمـه‌ای نسـبت برابری زمین کلی کمتر از یـک (۰/۸۶) بـود. بیشـترین نسـبت برابری زمین کلی مربوط بـه آرایـش کشـت مخلـوط افزایشـی ۴۰درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمـه‌ای و آرایـش کشـت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمـه‌ای به‌ترتیب معادل ۱/۲۸ و ۱/۲۵ بود که بیانگر سـودمندی زراعـی ۲۸ و ۲۵ درصدی کشت مخلوط نسبت به کشت‌هـای خـالص این دو محصول است که نشان‌دهنده کارآیی بیشـتر اسـتفاده از زمین در این آرایش‌های کشت می‌باشـد. کمتـرین میـزان نیـز ۰/۸۶ که مربوط به آرایش کشت مخلـوط افزایشـی ۲۰ درصـد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای بود، به‌دست آمد (شکل ۵). بنابراین می‌تـوان آرایـش کشـت مخلـوط افزایشـی ۴۰ درصـد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای را به عنوان بهتـرین آرایـش کشت مخلوط توصیه کرد. کشت مخلوط زمانی سـودمند اسـت که عملکرد اقتصادی مخلوط، بیشتر از محصـول خـالص باشـد. بسیاری از محققان برتری کشت مخلوط را بـا محاسـبه نسـبت برابری زمین تأیید کرده‌اند (Najibnia *et al*., 2014). Jokar *et al*, (2005) میـانگین نسـبت برابـری زمـین بـرای کشـت مخلوط ذرت و خیار (*Cucumis sativus* L.) را ۱/۵۶ به‌دست آوردند. از نظر نسبت برابری زمین، کشـت دو خـط سـورگوم و یک خط لوبیا با نسبت برابری زمین ۱/۶ از بقیـه تیمارهـا برتـر بود (Aghaei *et al*., 2016). در پژوهشی، ارزیابی سـودمندی کشت مخلوط با استفاده از شاخص نسبت برابری زمـین نشـان داد که بالاترین نسبت برابری زمـین در ترکیـب تیمـاری ۵:۱۵ سـیب‌زمینـی: لوبیـا حاصـل گردیـد (Raei *et al*., 2011). در پژوهشی بر روی کشت مخلوط همیشه‌بهار و نخـود اظهـار شـد که در اغلب آرایش‌های کشت مخلوط کارایی اسـتفاده از زمـین بیشتر از یک بـود (Valizadegan, 2015). همچنـین بررسـی شاخص کارایی اسـتفاده از زمـین در مطالعـه‌ای نشـان داد کـه تیمارهـای کشـت مخلـوط ۶۰ درصـد لوبیا+آفتـابگردان دارای کـارایی اسـتفاده از زمـین بـالاتر از یـک بودنـد (Hamzei & Seyedi, 2018).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج ایـن پـژوهش نشـان داد کـه عملکـرد و اجزای عملکرد لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر آرایش‌های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی قرار گرفت. مقایسه آرایش‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی و افزایشـی نشـان داد کـه تیمـار کشـت مخلـوط جـایگزینی ۲۵ درصـد لوبیاسبز+۷۵ درصد فلفل دلمـه‌ای در بسـیاری از صـفات مـورد ارزیابی در گیاه لوبیاسبز در مقایسه با آرایش‌هـای دیگـر کشـت مخلوط برتری داشت. این‌طور به‌نظر می‌رسد که در این آرایش، بوته‌های لوبیاسبز فضای بیشتری را برای رشد و دریافت نـور در اختیار داشتند و توانستند در اکثر صفات مـورد ارزیـابی برتـری داشـته باشـند. همچنـین آرایـش کشـت مخلـوط جـایگزینی ۷۵درصـد فلفـل دلمـه‌ای+۲۵ درصـد لوبیاسـبز در بسـیاری از صفات مورد ارزیـابی در گیـاه فلفـل دلمـه‌ای نسـبت بـه سـایر آرایش‌های کشت مخلوط، برتری داشت. آرایش کشـت مخلـوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای بـالاترین میزان نسبت برابری زمین کلی (۱/۲۸) را دارا بود کـه نشـان از سودمندی کشت مخلوط آن آرایـش کشـت نسـبت بـه کشـت خالص دارد. به‌طور کلی، در این آرایش کشـت مخلـوط، ضـمن این‌که لوبیاسبز تثبیت زیستی نیتروژن انجام داده و حاصلخیزی خاک را سبب شده اسـت، رقابـت درون‌گونـه‌ای کـه در کشـت خالص وجود داشته، در این‌جا کاهش پیدا کرده و هـر دو گیـاه توانسته‌اند از منابع محیطی اطراف خود نهایت استفاده را ببرنـد که در نهایت باعث افزایش نسبت برابری زمین کلی شده اسـت. در انتها پیشنهاد می‌شود به جهت افزایش کارایی این نوع کشت مخلوط و همچنین بررسی دقیق‌تر نسبت برابری زمین، تیماری که در آن تراکم گیاه لوبیاسبز در مقایسه با فلفل دلمه‌ای بیشتر بوده، طراحی شود.

منابع

1. Abbasi Alikamar, R., Hejazi, A., Akbari, G.A., Kafi, M., and Zand, E. 2006. Study on different densities of cumin and chickpea intercropping. Iranian Journal of Field Crop Research 4(1): 83-95. (In Persian with English Summary).
2. Aghaei, M.A., Fotokian, M.H., and Aghighi Shahverdi, M. 2016. Assessment of yield quantity and quality in intercropping of sorghum with soybean and green bean. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25(1): 115-130. (In Persian with English Summary).
3. Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 3(2): 383-397. (In Persian with English Summary).

4. Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 19-31.
5. Awasthi, U.D., Tripathi, A.K., Dubey, S.D., and Kumar, S. 2011. Effect of row ratio and fertility levels on growth, productivity, competition and economics in chickpea+fennel intercropping system under scarce moisture condition. Food Legumes 24(3): 211-214.
6. Bagheri, A., Mahmoodi, A., and Ghezeli, F. 2001. Cultivation and Breeding of Bean. Jahad Daneshgahi of Mashhad Publishers. (In Persian)
7. Carvalho, L.M., Oliveira, I.R., Almeida, N.A., and Andrade, K.R. 2010. The intercropping of fennel with beans and cowpeas in the agrestic region of Brazil. ISHS Acta Horticulture.
8. Chalk P.M. 1996. Nitrogen transfer from legumes to cereals in intercropping. In: Proceeding of the International Workshop: Dynamics of Roots and Nitrogen in Cropping Systems of the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). Patancheru, Andhra Pradesh, 21-25. November 1994. Pp: 351-374.
9. Elmore R.W., and Jackops J.A. 1984. Yield and yield components of sorghum and soybean of varying plant height when intercropped. Agronomy Journal 76: 561-564.
10. Farhoodi, R., Rahnama, A., and Esmaeilzadeh, H. 2003. Location of saffron cultivation in intercropping. Third National Conference of Saffron, December 2-3, 2003. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
11. Fateh, M., and Barzegar, T. 2019. The effect of foliar application of Naphthalene Acetic Acid on growth, yield and fruit quality of Sweet Pepper cv. California Wonder. Journal of Vegetables Sciences 3(5): 1-10. (In Persian with English Summary).
12. Fathollahzadeh Dizaji, R., and Mirshekari, B. 2013. Additive intercropping of marigold (*Calendula officinalis*) and mung bean (*Vigna radiata*): a strategy for yield improvement and weeds control. Research in Field Crops 1(2): 56-68. (In Persian with English Summary).
13. Hamzei, J., and Seyedi, M. 2018. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) yield performance under additive intercropping with Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and different tillage systems. Journal of Agroecology 10(2): 416-429. (In Persian with English Summary).
14. Hashemi Dezfoli, A., Koocheki, A., and Bannayan, M. 1998. Maximizing Crop Yields. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).
15. Henareh, M., Jodae, A., Hasanii, Gh., and Anvieh, L. 2011. Study on yield and profitability of tomato at intercropping with snap bean. Applied Field Crops Research 89: 79-86. (In Persian with English Summary).
16. Hulet, H., and Gosseye, P. 2000. Effect of intercropping cowpea on dry-matter and grain yield of millet in the semi-arid zone of Mail, http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5488E/x5488e0r.Htm.
17. Jahani, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 67-78. (In Persian with English Summary).
18. Eskandari, H., and Javanmard, A. 2014. Evaluation of forage yield and quality in intercropping patterns of maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 23(4): 101-110. (In Persian with English Summary).
19. Jokar M., Ghanbari A., and Ghadiri H. 2005. Investigation of intercropping corn and cucumbers and its effect on weed control. MSc. Thesis of Agriculture. University of Zabol, Iran. (In Persian).
20. Kashiri, H., Kashiri, M., Zeinali, E., and Bagheri, M. 2007. Investigating effects of row spacing and plant density on yield and yield components of three soybean cultivars in summer cultivation. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 13(2): 147-156. (In Persian with English Summary).
21. Khajehpoor, G., Hassandokht, M.R., Hassanpoor, A., and Ahmadpoor, A. 2011. Effect of pruning and plant density on yield and yield components of greenhouse bell pepper. 7th Iranian Horticultural Science Congress, September 5-8, 2011. Isfahan University of Technology. (In Persian with English Summary).
22. Khamooshi, A. 2014. Effects of planting ratio in intercropping of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and fennel (*Foenicolum vulgare* Mill.) in an additive and substitution experiment on species growth and yield. MSc. Thesis of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
23. Kiani, S., Moradi Telavat, M.R., Siadat, S.A., Ebdali Mashhadi, A.R., and Sari, M. 2014. Evaluation of qualitative and quantitative of forage yield in intercropping of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) at different levels of nitrogen. Journal of Agricultural Crop Management 16(4): 973-986. (In Persian with English Summary).
24. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Nadjafi, F. 2004. The agrobiodiversity of medicinal and aromatic plants in Iran. Iranian Journal of Field Crops Research 2(2): 208-216. (In Persian with English Summary).

25. Long, J., Cromwell, E., and Gold, K. 2000. On-farm management of crop diversity: an introductory bibliography. The Schumacher Centre for Technology and Development. www.oneworld.org.
26. Mahdvi Damghani, A., Koocheki, A., and Zand, E. 2006. Design and ecosystem management in sustainable agriculture. Key Articles of the 9th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, August 27-29, 2006. Abureyhan Campus of University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary).
27. Mansoori, L., Jamshidi, Kh., Rastgoo, M., Saba, j., and Mansoori, H. 2013. The Effect of additive intercropping of corn and bean on yield, yield components and weed control in climatic condition of Zanjan. Iranian Journal of Field Crops Research 11(3): 483-492. (In Persian with English Summary).
28. Mardani, F., Balouchi, H.R., Yadavi, A., and Salehi, A. 2015. Effect of row intercropping patterns on yield, yield components, and weed control of fenugreek (*Trigonella foenumgreacum* L.) and anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 13(3): 623-636. (In Persian with English Summary).
29. Mazaheri, D. 1994. Intercropping. University of Tehran Press. (In Persian).
30. Mclaughlin A., and Minrau, P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. Agriculture, Ecosystems and Environment 55: 201-212.
31. Mobasser, H., Barjasteh, S.H., and Keshtehgar, A. 2018. Effect of replacement and additive intercropping on the yield of maize (*Zea mays* L.) and potatoes (*Solanuum tuberosum* L.) in the region of Nikshahr. Journal of Agroecology 10(2): 400-415. (In Persian with English Summary).
32. Muoneke, C.O., and Mbah, E.U. 2007. Productivity of Cassava with Okra intercropping systems as influenced by okra planting density. African Journal of Agricultural Research 2(5): 223-231.
33. Muoneke, C.O., and Ndukwe, O. 2008. Effects of plant population and spatial arrangement on the productivity of Okra/Amaranthus intercropping system. Agronomy Science 7(1): 54-66.
34. Najafi, E., and Mohammadi, J. 2005. Study of yield and its components in sweet maize and green bean intercropping. Articles of the First National Congress of Beans. November 20-21, 2005. Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
35. Najibnia, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Porsa, H. 2014. Water captures efficiency, use efficiency and productivity in sole cropping and intercropping of rapeseed, bean and corn. European Journal of Sustainable Development 3(4): 347-358.
36. Ottman, M.J., and Welch, L.F. 1989. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration and yield in corn. Agronomy Journal 81: 167-174.
37. Piri, I., Zendehdel, B., and Tavassoli, A. 2017. Study of agronomical and ecological parameters of additive and replacement intercropping systems of Corn (*Zea maize* L.) and Soybean (*Glycine max* L. Merr.). Journal of Agroecology 9(3): 705-721. (In Persian with English Summary).
38. Pooramir, A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Evaluation of yield and yield components of Sesame and Chickpea in intercropping of replacement series. Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 757-767. (In Persian with English Summary).
39. Raei, Y., Bolandnazar, S.A., and Dameghsi, N. 2011. Evaluation of common Bean and Potato densities effects on potato tuber yield in mono-cropping and intercropping systems. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21(2): 131-142. (In Persian with English Summary).
40. Rezvan Beidokhti, S.H. 2004. Comparison of various combinations of maize and bean in intercropping. MSc. Thesis Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
41. Rezvani Moghadam, P., Raoofi, M.R., Rashed Mohassel, M.H., and Moradi, R. 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiate* L. Wilczek)-black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. Journal of Agroecology 1(1): 65-79. (In Persian with English Summary).
42. Saime, J., Willey, R.W., and Morse, S. 1998. The response of maize/bean intercropping to applied nitrogen on oxisols in northern Zambia. Crop Science 11: 45-52.
43. Salehi, Y., Zarehaghi, D., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., and Neyshabouri, M.R. 2018. The effect of intercropping and deficit irrigation on the water use efficiency and yield of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) and Basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 28(3): 209-220. (In Persian with English Summary).
44. Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O. 2004. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semiarid regions I. Model development. Field Crops Research 90: 48-61.
45. Tuna, C., and Orak, A. 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.)/ oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. International Journal of Agricultural and Biological Science 2: 14-19.

46. Valizadegan, A. 2015. Study of yield quality and quantiting in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) and species diversity and relative abundance of insects in row and strip intercropping. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25(3): 15-30. (In Persian with English Summary).
47. Vandermeer, J.H. 1989. The Ecology of Intercropping, Cambridge University Press.
48. Wahua, T.A.J., and Miller, D.A. 1978. Relative yield totals and yield components of intercropped sorghum and soybean. Agronomy Journal 10: 287-291.
49. Wahua, T.A.J., Babaloia, O., Akenova, M.E. 1981. Intercropping morphologically different type of maize with cowpea: LER and growth attributes of associated cowpea. Experimental Agriculture 17: 407-413.
50. Yildirim, E., and Guvence, I. 2005. Intercropping based on cauliflower: more productive, profitable and highly sustainable. European Journal of Agronomy 22: 11-18.
51. Zaefarian, F., and Bagheri Shirvan, M. 2014. Effect of different intercropping ratios on soybean, basil and European borage. Agricultural Crop Management 16(1): 197-214. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 127-143 (Research Article)

Evaluation of yield and yield components of green bean and bell pepper under replacement and additive intercropping systems

Koocheki[1*], A., Nassiri Mahallati[2], M. & Hatefi Farajian[3], M.H.

1. Professor, Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2. Professor, Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran; mnassiri@ferdowsi.um.ac.ir
3. PhD. Student of Agroecology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran; mh-hatefifarajian@mail.um.ac.ir

Received: 10 June 2019
Accepted: 27 May 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.81231

Introduction

The use of intercropping as an effective component in sustainable agriculture, while increasing the ecological and economic diversity, cause increasing yield per unit area, yield stability under adverse environmental conditions, increasing the quantity and quality of the product, increasing water use efficiency, control of soil erosion, reducing pesticides use and increasing stability in agroecosystems. Plants from the family of legumes are among the plants that have a special place in intercropping because of their nitrogen fixation ability. Usefulness of intercropping cultivation of sweet corn and green bean has been reported to be better than monoculture. This study was designed and conducted with the aim of studying the effect of replacement and additive intercropping green bean with bell pepper on yield, yield components and land equivalent ratio in Mashhad weather conditions.

Materials and Methods

The experiment was conducted in 2015-2016 growing season based on a randomized complete block design with three replications at the Research Farm of Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad. Experimental treatments were 25% green bean+75% bell pepper, 50% green bean+50% bell pepper in replacement intercropping, 20% green bean+100% bell pepper and 40% green bean+100% bell pepper in additive intercropping and monoculture of green bean and bell pepper. Green beans have planted by seed and bell pepper transplants were sown at the same time in June 2016 in rows with a distance of 50 cm. In 4-leaf stage, green bean was thinned with an optimum density of 20 plants per square meter. In addition, the spacing on the row was considered 30 cm for transplants of bell pepper; in this case, its optimum density was 6.66 plant per square meter. At harvest time, green pod yield for green bean, fruit yield for bell pepper, other yield components and plant dry weight for two plants were measured, and land equivalent ratios were also calculated.

Results and Discussion

The highest green pod yield and plant dry weight for green bean with 57921.7 and 1051.03 kg ha^{-1}, respectively, was observed in monoculture and the lowest values for 20% green bean+100% bell pepper with 11252.5 and 525.8 kg per ha, respectively. With the increase in the presence of green bean in replacement and additive intercropping, the green pod yield of green bean increased due to increasing of biological nitrogen fixation. For bell pepper, the highest fruit yield with 32766.7 kg ha^{-1} was observed in monoculture and the highest plant dry weight with 7816.6 kg ha^{-1} was observed for 75% bell pepper+25% green bean and the lowest fruit yield was obtained for 50% bell pepper+50% green bean and 100% bell pepper+20% green bean with 21183.3 and 21886 kg ha^{-1}, respectively, and the lowest plant dry weight was obtained for 50%

***Corresponding Author:** akooch@ferdowsi.um.ac.ir

bell pepper+50% green bean with 3533.33 kg ha^{-1}. Due to the fact that the highest number of fruits per plant was observed in monoculture of bell pepper, therefore, monoculture has higher fruit yield because it has more space for plants. The highest value of total land equivalent ratio (1.28 and 1.25) was obtained in ratios of 40% green bean+100% bell pepper and 50% green bean+50% bell pepper, respectively, indicating 28 and 25% yield advantage of intercropping compared to pure stands of species of these two plants. The lowest value of total land equivalent ratio (0.86) was observed in ratio of 20% green bean+100% bell pepper.

Conclusion

Comparison of different patterns of replacement and additive intercropping showed that cultivation pattern of 25% green bean+75% bell pepper was superior for most of the traits evaluated in green bean and bell pepper compared to other patterns. Additive intercropping pattern of 40% green bean+100% bell pepper had the highest total land equivalent ratio (1.28) which indicate the beneficial effect of mixed cropping pattern over pure cropping. Since green bean through biological nitrogen fixation, leads to reduction in the use of chemical fertilizers, intercropping of this plant with other plants such as bell pepper can increase the resources efficiency and improve yield quantity for bell pepper.

Keywords: Biological nitrogen fixation, Fruit yield, Green pod yield, Land equivalent ratio, Plant dry weight